

# Verfahren zum Abscheiden von III-V-Halbleiterschichten auf einem Nicht -III-V-Substrat

**Publication number:** DE10206751 (A1)

**Publication date:** 2003-07-03

**Inventor(s):** JUERGENSEN HOLGER [DE]; KROST ALOIS [DE]; DADGAR ARMIN [DE] +

**Applicant(s):** AIXTRON AG [DE] +

**Classification:**

- **international:** C30B25/02; C30B25/18; H01L21/20; C30B25/02; C30B25/18; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/205; H01L33/00

- **European:** C30B25/18; H01L21/20B6B6; C30B25/02

**Application number:** DE20021006751 20020219

**Priority number(s):** DE20021006751 20020219; DE20011063715 20011221

## Abstract of DE 10206751 (A1)

The invention relates to a method for depositing III-V semiconductor layers on a non III-V substrate, especially a sapphire, silicon or silicon oxide substrate, or another substrate containing silicon. According to said method, a III-V layer, especially a buffer layer, is deposited on the substrate or on a III-V germination layer, in a process chamber of a reactor containing gaseous starting materials. In order to reduce the defect density of the overgrowth, a masking layer consisting of an essentially amorphous material is deposited directly on the III-V germination layer or directly on the substrate, said masking layer partially covering or approximately partially covering the germination layer. The masking layer can be a quasi-monolayer and can consist of various materials.

---

Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

⑩ DE 102 06 751 A 1

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:

H 01 L 21/205

H 01 L 33/00

DE 102 06 751 A 1

⑯ Aktenzeichen: 102 06 751.1  
⑯ Anmeldetag: 19. 2. 2002  
⑯ Offenlegungstag: 3. 7. 2003

⑯ Innere Priorität:  
101 63 715. 2 21. 12. 2001

⑯ Anmelder:  
Aixtron AG, 52072 Aachen, DE

⑯ Vertreter:  
H.-J. Rieder und Partner, 42329 Wuppertal

⑯ Erfinder:  
Jürgensen, Holger, Dr., 52072 Aachen, DE; Krost, Alois, 13587 Berlin, DE; Dadgar, Armin, 10963 Berlin, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Verfahren zum Abscheiden von III-V-Halbleiterschichten auf einem Nicht -III-V-Substrat

DE 102 06 751 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abscheiden von III-V-Halbleiterschichten auf einem Nicht-III-V-Substrat, insbesondere Saphir-, Silizium-, Siliziumoxid-Substrat oder einem anderen siliziumhaltigen Substrat, wobei in einer Prozesskammer eines Reaktors aus gasförmigen Ausgangsstoffen auf eine III-V-Keimschicht eine III-V-Schicht, insbesondere Pufferschicht abgeschieden wird.

[0002] Das epitaktische Wachstum von Gruppe-III-Gruppe-V-Halbleitern auf Fremdsubstraten ist derzeit aus Kostengründen angestrebt, weil bspw. Silizium-Substrate deutlich preisgünstiger sind, als III-V-Substrate und insbesondere Galliumarsenidsubstrate und weil eine Integrationsmöglichkeit mit der übrigen Silizium-Elektronik angestrebt wird. Das Abscheiden von III-V-Halbleitern, bspw. Galliumarsenid oder Indiumphosphid oder Mischkristallen daraus führt aufgrund der meist vorhandenen Gitterfehlanpassung zu einer hohen Defektdichte der aufgewachsenen Schicht. Die Abscheidung der Galliumarsenid- bzw. Indiumphosphid-Schicht erfolgt erfahrungsgemäß im MOCVD-Verfahren, in dem gasförmige Ausgangsstoffe, bspw. TMG, TMI, TMAI, Arsin oder Phosphin NH<sub>3</sub> in die Prozesskammer eines Reaktors eingeleitet werden, wo auf einem beheizten Substrathalter das Siliziumsubstrat liegt.

[0003] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren anzugeben, mittels welchem die Defektdichte der aufgewachsenen Schicht reduziert werden kann.

[0004] Gelöst wird die Aufgabe durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung, wobei der Anspruch 1 darauf abzielt, dass unmittelbar auf die III-V-Keimschicht eine die Keimschicht unvollständig oder nahezu unvollständig bedeckende Maskierungsschicht aus im Wesentlichen amorphem Material abgeschieden wird. Dieses Material soll möglichst noch die Eigenschaft besitzen, ein III-V-Wachstum abzuweisen. Die Maskierungsschicht wird erfahrungsgemäß als Quasi-Monolage abgeschieden. Es entsteht somit ein Quasi-Monolayer. Die Maskierungsschicht besteht bevorzugt aus einem anderen Halbleitermaterial als die Keimschicht bzw. die darauf abgeschiedene Schicht, bspw. die Pufferschicht. Die Maskierungsschicht kann aus Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub> oder SiO<sub>x</sub> bestehen. Sie kann aber auch aus Metall bestehen. Zufolge des Abscheidens dieser Maskierungsschicht auf der in der Regel weniger als 100 nm dicken Keimschicht wird die Keimschicht bis auf zufällig verteilte Inselbereiche abgedeckt. Nach dem Abscheiden der Maskierungsschicht entsteht somit eine sehr dünne Schicht auf der III-V-Keimschicht oder dem Substrat, auf welcher kein III-V-Material wächst. Der überwiegende Bereich der Oberfläche ist maskiert. Diese Schicht bzw. Maske ist aber nicht geschlossen, sondern bildet inselförmige Freiräume, in denen eine freie III-V-Oberfläche der Keimschicht vorhanden ist. Diese inselartigen III-V-Oberflächenabschnitte bilden Keimzonen für die danach abzuscheidende III-V-Pufferschicht. Nach Abscheiden der Keimschicht wird die Pufferschicht aus einem oder mehreren gasförmigen III-Material und einem oder mehreren gasförmigen V-Material abgeschieden. Dabei erfolgt das Keimwachstum zunächst nur im Bereich der freien III-V-Oberflächen, also an den Inseln, an entfernt voneinander liegenden Orten. Die Wachstumsparameter dieser Schicht (Pufferschicht) werden zunächst so gewählt, dass im Wesentlichen laterales Wachstum stattfindet. Die Keime wachsen demzufolge zunächst aufeinander zu, bis eine im Wesentlichen geschlossene Schicht entstanden ist. Bei diesem Verfahren entstehen großflächig Bereiche mit sehr geringer Defektdichte. Nach dem Schließen der Oberfläche können die Wachstumsparameter derart geändert werden, dass das Wachstum vornehmlich in der vertikalen

Richtung stattfindet.

[0005] In der beigefügten Zeichnung 1 ist auf das Siliziumsubstrat eine mit k bezeichnete Keimschicht aus bspw. Galliumarsenid, Aluminiumnitrid, Aluminiumgalliumnitrid, Galliumaluminiumarsenid oder dergleichen abgeschieden. Auf diese Keimschicht k wird sodann in der zuvor beschriebenen Weise eine Maskierungsschicht aus bspw. Siliziumnitrid oder Siliziumoxid abgeschieden. Dies kann dadurch erfolgen, dass ein siliziumhaltiges Gas und ein stickstoffhaltiges Gas oder ein sauerstoffhaltiges Gas in die Prozesskammer eingeleitet werden. Als Maskierungsschicht ist prinzipiell jede Schicht geeignet, auf der eine weitere Bekeimung des III-V-Materials beim darauffolgenden Abscheiden der Pufferschicht unterdrückt wird. Auf der maskierten Keimschicht erfolgt dann das Abscheiden der eigentlichen Pufferschicht. Dies ist in der Zeichnung 2 dargestellt. Das Wachstum erfolgt dort zunächst nur in lateraler Richtung. Die einzelnen Inseln vergrößern sich in Richtung aufeinander zu. Es herrscht verstärkt ein laterales Wachstum. Die Keime können so schnell koalisieren. Je nach Kristalltyp lassen sich außerdem z. B. durch schräge Facetten Versetzungen vorzugsweise in die laterale Richtung abbiegen. Neue Versetzungen bilden sich dann nur in den Koaleszenzregionen der lateral wachsenden Schichten. Für eine niedrige Defektdichte ist daher ein großer Abstand der Kristallkeime bzw. noch offenen Stellen der Masken anzustreben. Dieser kann einige µm betragen.

[0006] Die Zeichnung 3 zeigt mit c die vollständige III-V-Schicht.

[0007] Die Keimschicht selbst dient zum gleichmäßigen Bekeimen des Substrates und bei unpolaren Substraten zur Orientierung des darauf wachsenden Kristalls. So ist dies bei Verwendung des isolierenden Saphirs als Substrates nicht erforderlich und eine direkt auf dem Substrat abgeschiedene In-situ Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>-Maske kann auch hier zur Verbesserung der kristallographischen Eigenschaften genutzt werden. Solch eine Maskierung ist bei siliziumhaltigen Substraten wie, SiC- oder SiGe-Schichten und insbesondere bei reinem Silizium nicht kontrollierbar, da das Substrat zu schnell komplett nitriert bzw. oxidiert und die Keimschicht zur Vorgabe der Polarität notwendig ist.

[0008] Zum Erzielen einer gleichmäßigen Bekeimung kann diese auch bei niedrigeren Temperaturen als bei den späteren Wachstumstemperaturen durchgeführt werden und/oder mit Ausgangsstoffen, wie z. B. Aluminium, die eine niedrigere Mobilität besitzen. Somit kann ein in der Regel unerwünschtes Inselwachstum der Keimschicht vermieden und die Polarität bzw. Orientierung für das anschließende Schichtwachstum vorgegeben werden. Bei III-Nitrid-Schichten sind außerdem aluminiumhaltige Keimschichten besonders geeignet, um die Kristallorientierung zu verbessern.

[0009] Eine Variante der Erfindung sieht vor, dass mehrere Maskierungsschichten innerhalb der Pufferschicht abgeschieden werden. Auch hier erfolgt das Aufbringen der Maskierungsschicht In-situ, also unmittelbar nach dem Aufbringen einer III-V-Schicht in derselben Prozesskammer, ohne dass das Substrat abgedeckt oder der Prozesskammer entnommen wird. Die Schichten können auf vielerlei Arten hergestellt werden. So kann bspw. zur Erzeugung einer Maskierungsschicht lediglich Sauerstoff in die Prozesskammer eingebracht werden. Es entsteht dann eine Oxidbildung. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die III-V-Schicht aluminiumhaltig ist. Es bildet sich dann eine Aluminiumoxidmaskierungsschicht. Es kann ebenfalls Silizium zusammen mit Sauerstoff abgeschieden werden. Auch metallische Masken sind verwendbar. Beispielsweise kommt Wolfram in Betracht.

[0010] Eine amorphe Maskierungsschicht besitzt die Wirkung, dass die Kristallperiodizität unterbrochen wird. Die Maskierungsschicht lässt sich auch durch eine Degradation der Halbleiteroberfläche z. B. bei hohen Temperaturen erzielen. Die Öffnungen der Maskierungsschichten können einen Abstand von mehreren 100 Nannometer bis einigen Mikrometer besitzen. Da das Wachstum von den Öffnungen ausgeht, wachsen die Schichten oberhalb der Masken einkristallin, bis sich die einzelnen Keime berühren. Die Keime wachsen in diesem Falle quasi versetzungsfrei bis zu den 10 Koaleszenzstellen. Dort kann es erneut zu Ausbildungen von Versetzungen kommen.

[0011] Es ist vorgesehen, dass auf einen ersten Bereich einer Pufferschicht erneut eine Maske abgeschieden wird. Dieser Pufferschicht-Abschnitt wirkt dann gewissermaßen 15 als Keimschicht für eine darauf abzuscheidende III-V-Halbleiterschicht. Diese Schichtenfolge kann vielfach wiederholt werden, was insgesamt zur einer Verringerung der Versetzungsdichte führt. Auch dann wird der Prozess so geführt, dass jeweils nach dem Abscheiden einer Maskierungsschicht die Prozessparameter so eingestellt werden, dass zunächst bevorzugt ein laterales Wachstum stattfindet, damit sich die Lücken schließen.

[0012] Alle offenbarten Merkmale sind (für sich) erfundungswesentlich. In die Offenbarung der Anmeldung wird 25 hiermit auch der Offenbarungsinhalt der zugehörigen/beigefügten Prioritätsunterlagen (Abschrift der Voranmeldung) vollinhaltlich mit einbezogen, auch zu dem Zweck, Merkmale dieser Unterlagen in Ansprüche vorliegender Anmeldung mit aufzunehmen.

30

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Abscheiden von III-V-Halbleiterschichten auf einem Nicht-III-V-Substrat, insbesondere 35 Saphir-, Silizium-, Siliziumoxid-Substrat oder einem anderen siliziumhaltigen Substrat, wobei in einer Prozesskammer eines Reaktors aus gasförmigen Ausgangsstoffen auf das Substrat oder auf eine III-V-Keimschicht eine III-V-Schicht, insbesondere Pufferschicht abgeschieden wird, dadurch gekennzeichnet, dass unmittelbar auf die III-V-Keimschicht oder direkt auf das Substrat eine die Keimschicht unvollständig oder nahezu unvollständig bedeckende Maskierungsschicht aus im Wesentlichen amorphem Material abgeschieden wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskierungsschicht ein Quasi-Monolayer ist.

3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskierungsschicht aus einem anderen Halbleitermaterial als die Keimschicht bzw. die Pufferschicht besteht.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskierungsschicht  $\text{Si}_x \text{N}_y$  oder  $\text{SiO}_x$  ist.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskierungsschicht ein Metall ist.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Wachstumsparameter der Pufferschicht zunächst auf verstärkt laterales Wachstum eingestellt werden, bis zum Schließen der Schicht.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherge-

5

henden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Keimschicht dünner als 100 nm ist.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass in der III-V-Pufferschicht eine Vielzahl von Maskierungsschichten abgeschieden sind.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass zyklisch Pufferschichtabschnitte und Maskierungsschichten abgeschieden werden.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Maskierungsschicht eine das Abscheiden einer III-V-Schicht abweisende Oberfläche hat.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass die Keimschicht und/ oder die Pufferschicht aluminiumhaltig ist und die Maskierungsschicht durch Einleiten von Sauerstoff erzeugt wird.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Abscheideprozess ein MOCVD-Prozess, ein CVD-Prozess oder eine In-situ-Abfolge dieser Prozesse ist.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass der Abscheideprozess ein VPE- oder MBE-Prozess ist.

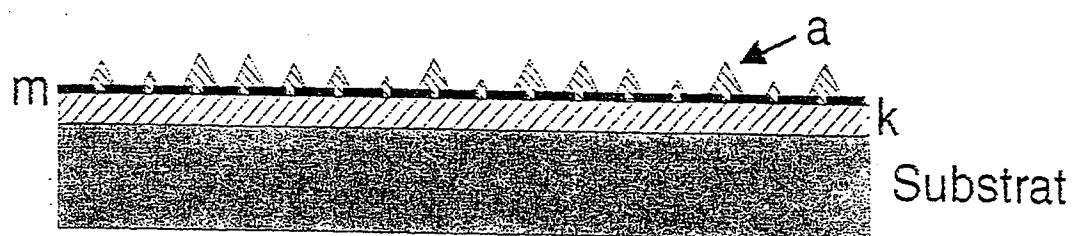
14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Pufferschicht Bauelementeschichtenfolgen abgeschieden werden.

15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche oder insbesondere danach, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Bauelementeschichtenfolgen Bauelemente gefertigt werden.

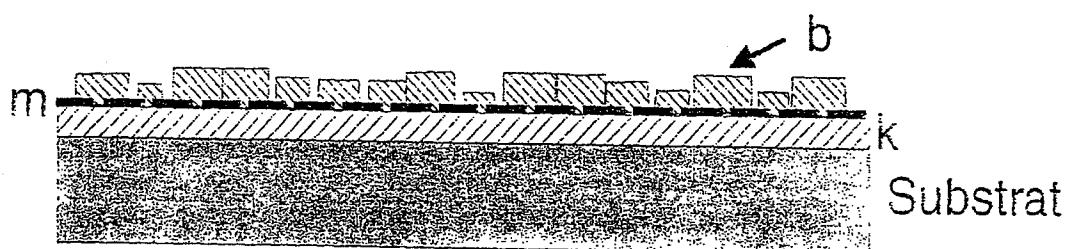
---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

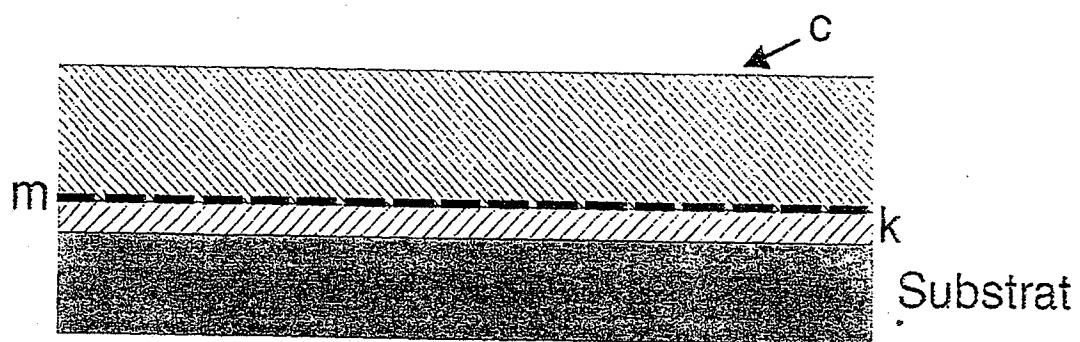
---



Zeichnung 1



Zeichnung 2



Zeichnung 3



Description of DE10206751

[Print](#)

[Copy](#)

[Contact Us](#)

[Close](#)

## Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficient in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

The invention relates to a method for separating III V semiconductor layers on not III V substrate, in particular sapphire, silicon, silicon oxide or another siliziumhaltigen substrate, whereby in a process chamber of a reactor from gaseous starting materials on a III V seed layer a III V becomes, in particular buffer layer deposited.

The epitaxial growth of group III group V semiconductors on foreign substrates is at present desired from cost reasons, because bspw. Silicon substrates significant is more inexpensive, than III V substrates and in particular gallium arsenide substrates and because an integration possibility of the remaining silicon electronics desired becomes. Separating III V semiconductors, bspw. Gallium arsenide or indium phosphide or mixed crystal it lead due to the usually present lattice mismatch to an high defect-dense of the grown up layer. The deposition of the gallium arsenide and phosphide layer made according to invention in the MOCVD method, in that gaseous starting materials, bspw. TMG, TMI, TMAI, arsine or phosphine into the process chamber of a reactor introduced become, where on an heated substrate holder the silicon substrate lies.

The object of the invention consists of indicating a method by means of which the defect-dense of the grown up layer can become reduced.

Dissolved one becomes the object by the invention indicated in the claims, whereby the claim 1 aims at that immediate out essentially becoming on the III V seed layer the seed layer an incomplete or almost incomplete covering masking layer amorphous material deposited. This material is to be as possible the characteristic to reject a III V growth. The masking layer becomes according to invention as quasi-monolayer deposited. - Monolayer develops. The masking layer consists preferred of another semiconductor material than the seed layer and/or. on it the deposit is bspw. the buffer layer. The masking layer can consist of Six Ny or SiOx. In addition, it can consist of metal. According to separating this material on the usually less than 100 nm thick seed layer the seed layer up to randomly distributed island ranges becomes covered. After separating the layer thus one develops much thin layer on the III V seed layer or the substrate, on which no III V material grows. The predominant portion of the surface is masked. This layer and/or. Masque is however not closed, but forms inseiförmige clearances, is present in which a free III V surface seed layer. These island-like III of V-surface portions forms germ zones for the III V-buffer layer which can be separated thereafter. After separating the seed layer the buffer layer becomes from or several gaseous III-material and/or several gaseous V-material a deposited. Made germ grow in the region of the free III V surfaces, thus at the islands, at remote from each other located locations. The growth parameters of this layer (layer) become first so selected that essentially lateral growth takes place. The seeds close up therefore first one on the other, until an essential layer developed. With this method wide regions with very smaller defect-dense develop. After closing the surface the growth parameters can such a manner changed that the growth takes place primarily in the vertical direction.

In the accompanying drawing 1 one is with k referred seed layer out bspw on the silicon substrate. Gallium arsenide, aluminium nitride, aluminium gallium nitride, Galliumaluminimumarsenid or such deposited. On this seed layer k then a masking layer becomes out bspw in the before described manner. Silicon nitride or silicon oxide deposited. This can take place via the fact that a siliziumhaltiges gas and a nitrogenous gas or an oxygen containing gas introduced into the process chamber become. As masking layer each layer suitable is in principle, suppressed on which an oxidation of the III V material becomes when following separating the buffer layer. On the masked seed layer made then separating the active layer. This is in the drawing 2 shown. The growth made there first only in lateral direction. The single islands become larger toward one on the other. It prevails to an amplified lateral growth. The seeds can koalisieren so rapid. Depending upon type of crystal in addition z leave themseleves preferably turn by oblique facets dislocations into the lateral direction. New dislocations form then only in the Koaleszenzregionen of the later increasing layers. For a low defect-dense therefore a large distance of the seed crystals is and/or. to aim at still open locations of the mask amount to some mu m.

The drawing 3 shows the complete III V layer with C.

The seed layer serves for the uniform Bekeimung of the substrate and with nonpolar substrates for the orientation on it of the growing crystal is not this with use of the insulating sapphire as substrate required and direct in situ deposited on the substrate Six NY-masque can the important crystallographic characteristics used also here become. Such a masking is with siliziumhaltigen substrates like, SiC or victory layers and with pure silicon not more controllable, there the substrate to rapid complete nitrided and/or. oxidized and the seed layer for the default of it necessary are.

Obtaining an uniform Bekeimung this can become even with lower temperatures than with the later growth temperatures performed and/or materials, as z. B. Aluminium, which possess a lower mobility. Thus a usually undesirable island growth of the seed layer avoided and the problem and/or. Orientation for subsequent layer growth predetermined become. In addition with III-nitride layers aluminum-bearing seed layers are suitable, in order to improve the crystal orientation.

A variant of the invention plans that several masking layers become deposited within the buffer layer. Also here made applying of the mask in situ, thus immediate after applying a III V layer in the same process chamber, without the substrate becomes covered or the process chamber. The layers can become on various types prepared. So can bspw. the generation of a masking layer only oxygen into the process chamber in become. Then an oxide formation develops. This is favourable in particular if the III V layer is aluminum-bearing. Then an alumina masking layer can likewise become silicon as well as oxygen deposited. Also metallic masques are more usable. For example tungsten comes into consid-

An amorphous masking layer possesses the effect that crystal periodicity becomes interrupted. The masking layer leaves itself also by a degree the semiconductor surface z. B. obtain with high temperatures. The openings of the masking layers can possess a distance from several 100 Nanometer to some micrometers. Since the growth proceeds from the openings, the layers grow above the masques single crystalline, until the seeds touch themselves. The seeds grow into this cases quasi transfer-free up to the Koaleszenzstellen. There it can come again to formation of dislocations.

It is provided that becomes again deposited on a first region of a buffer layer a masque. This buffer layer portion works then to a certain extent as a layer for a III V semiconductor layer which can be separated on it. This layer sequence can become multiple repeated, which leads altogether to a reduction of the transfer-dense. Also then the process becomes so guided that become so set after separating a masking layer the process is in each case that a first preferred lateral growth takes place, so that the gaps close.

top

All disclosed features are (for itself) invention-substantial. Into the disclosure of the application hereby also revealing contents of the associated/accompanying priority documents (copy of the advance notification) also to the full extent included, also to the purpose to take into account these supports to claims of present application with.

▲ top